

Hydrogeologische Beurteilung

ZUR VERSICKERUNGSFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES

Projekt: **B-Plan 6122-1 Grootestraße / Lenaustraße
53121 Bonn**

Projekt-Nr.: 22/05/7195

Auftraggeber: LANGEN MassivHaus GmbH & Co. KG
Hocksteiner Weg 35
41189 Mönchengladbach

Auftragnehmer: GBU GmbH
Auf dem Schurweßel 11
53347 Alfter

Stand: 05.01.2023

Bearbeitung:

GBU GmbH
Geologie-, Bau- & Umweltconsult
Beratende Geologen u. Geotechniker
Auf dem Schurweßel 11
53347 Alfter
T. 0228 / 976291-0
F. 0228 / 976291 29

Geschäftsführung:

Dipl.-Geol. Manfred Rumi
rumi@gbu-consult.de

Projektleitung:

Benjamin Jackes M.Sc.
jackes@gbu-consult.de

Aufgestellt:

Alfter, 05.01.2023

Inhaltsverzeichnis

1	AUFTRAG	5
2	UNTERLAGEN	5
3	LAGE / ÖRTLICHE SITUATION	5
4	NATURRÄUMLICHER ÜBERBLICK	7
4.1	Geographischer Überblick.....	7
4.2	Geologischer Überblick	7
4.3	Hydrogeologischer Überblick	8
5	DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	9
6	ÖRTLICHE BODEN- UND WASSERVERHÄLTNISSE	10
6.1	Schichtenabfolge	10
6.2	Wasserführung im Baugrund	10
7	WASSERDURCHLÄSSIGKEIT	11
7.1	Versickerungsversuch.....	11
7.2	Siebanalysen.....	12
8	BEURTEILUNG.....	13
8.1	Versickerungsmulden	14
8.2	Rigolen	15
8.3	Mulden-Rigolen-Elemente.....	16
9	AUSFÜHRUNGSEMPFEHLUNGEN / ALLGEMEINE HINWEISE	16
10	SCHLUSSBEMERKUNGEN.....	18

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ungefähre Lage der Untersuchungsfläche im Stadtplan und im Luftbild ... **6**

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schichtenfolge **10**

Tabelle 2: k_f -Wertermittlung aus den Versickerungsversuchen **12**

Tabelle 3: Durchlässigkeitsbereiche in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitsbeiwert (nach DIN 18130-1, 1998) **12**

Tabelle 4: Durchlässigkeitsbeiwerte ermittelt nach Beyer **13**

Anlagenverzeichnis

1. Topographische Karte
2. Geologische Karte
3. Lageplan
4. Bohrprofile
5. Siebanalysen
6. Auswertung der Versickerungsversuche
7. Systemskizze Rigole
8. Systemskizze Mulden-Rigolen-System

1 Auftrag

Im Rahmen des Bebauungsplanes Grootestraße/Lenaustraße in Bonn-Dransdorf ist die Errichtung von Mehrfamilien- und Reihenhäusern sowie einer Kindertagesstätte geplant.

Unser Büro wurde durch die LANGEN MassivHaus GmbH & Co. KG am 27.09.2022 mit der Erstellung einer hydrogeologischen Beurteilung für das geplante Neubaugebiet beauftragt. Auftragsgrundlage ist unser Angebot AN2209015 vom 08.09.2022.

Mit dem vorliegenden Gutachten sind die hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnisse am Projektstandort darzustellen und zu erläutern. Auf Basis aller Aufschlussergebnisse sind Angaben zur Versickerungsfähigkeit des Untergrundes abzugeben und zu kommentieren.

2 Unterlagen

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens lagen unserem Büro folgende Unterlagen vor:

- Lageplan (Vorabzug), Stand: 07.04.2022, Maßstab 1:1.000, ulrich hartung gmbh, Adenauerallee 127a, 53113 Bonn
- Gutachten zur Baugrunduntersuchung, Stand Mai 2020, Jansen Nysten-Marek Ingenieurgesellschaft für Umweltberatung, Gartenstr. 38, 52249 Eschweiler
- Leitungspläne diverser Versorger (Stand Oktober 2022)

Benutzt wurden darüber hinaus folgende Karten:

- Topographische Karte, Bereich Bonn, Maßstab 1:25.000
- Geologische Karte, Blatt 5208 Bonn, Maßstab 1:25.000
- Hydrologische Karte, Blatt 5208 Bonn, Maßstab 1:25.000

3 Lage / Örtliche Situation

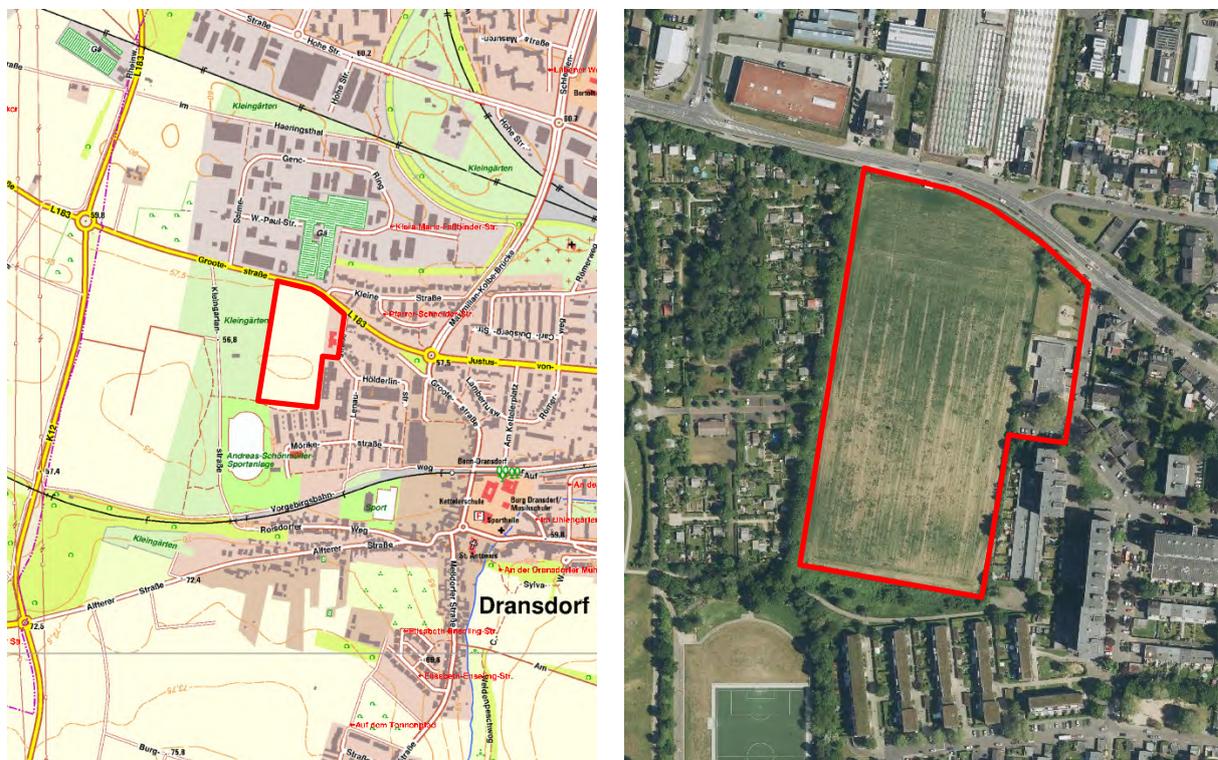
Das Plangebiet liegt im linksrheinischen Bonner Stadtteil Dransdorf und wird im Norden durch die Grootestraße und im Osten durch die Lenaustraße begrenzt. Im Süden schließt sich die Wohnbebauung an der Mörikestraße an und im Westen liegen Kleingartenanlagen. Zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen Ende November 2022 war das Pla-

nungsgebiet von der Grootestraße aus frei befahrbar und noch in landwirtschaftlicher Nutzung. Im Liegenschaftskataster der Stadt Bonn ist die untersuchte Fläche wie folgt verzeichnet:

Gemarkung:	Bonn
Flur:	47
Flurstücke:	983, 1045, 1046, 1139, 1140, 1414, 1573, 1574, 1985

Einen Überblick über die Lage des untersuchten Grundstücks liefert die nachfolgende Abbildung:

Abbildung 1: Ungefähre Lage der Untersuchungsfläche im Stadtplan und im Luftbild



© Land NRW, 2022

Die Geländehöhe im Bereich des Plangebiets liegt zwischen 55 und 57 m ü. NHN. Die Gesamtfläche beträgt ca. 42.000 m².

Die nächstgelegene natürliche Vorflut bildet der ca. 500-600 m südöstlich verlaufende Dransdorfer Bach, der als Rheindorfer Bach bei Graurheindorf in den Rhein mündet.

Der Projektstandort liegt innerhalb der Schutzzone IIIB des Trinkwasserschutzbereiches Urfeld. Ggf. vorhandene Sonderbestimmungen sind zu beachten und der ordnungsbehördlichen Verordnung zur Festsetzung des Wasserschutzbereiches zu entnehmen.

4 Naturräumlicher Überblick

4.1 Geographischer Überblick

Die Untersuchungsfläche liegt im südlichen Teil des Naturraumes der Köln-Bonner Bucht. Diese bildet, begrenzt durch den Anstieg zur Eifel im Westen und durch das Bergische Land bzw. den Westerwald mit Siebengebirge im Osten, den südlichen Teil des jungen tektonischen Senkungsgebietes der Niederrheinischen Bucht.

Die Morphologie des Naturraumes der Kölner Bucht wird durch den Gebirgsaustritt des Rheins bei Bonn-Bad Godesberg und der sich nach Norden verbreiternden Flussterrassenlandschaft des Rheins sowie der lokalen Nebenflüsse geprägt. Im linksrheinischen Untersuchungsgebiet herrscht eine geringe Reliefenergie und somit ein überwiegend ebenes, flaches Landschaftsbild vor; der Bereich liegt jedoch unweit nördlich des Steilrands zum Höhenzug der Ville. Der Osthang der Ville in diesem Bereich wird auch als das Vorgebirge bezeichnet.

Die flacheren Bereiche der Köln-Bonner Bucht, in deren Bereich das Untersuchungsgebiet liegt, zeichnen sich durch die jüngere Terrassenlandschaft des Rheins und seiner Nebenflüsse aus. Die mehr oder minder ebenen Flächen der Rheinterrassen werden auch intensiv ackerbaulich genutzt. Die verschiedenen sandig-kiesigen Terrassenkörper werden von unterschiedlich mächtigen Deckschichten, vor allem Hochflut- und Bach-/ Auenablagerungen überlagert.

4.2 Geologischer Überblick

Das untersuchte Gelände liegt im südlichen Teil der Niederrheinischen Bucht. Diese greift keilförmig, als Ausläufer des norddeutschen Flachlandes tief nach Süden in das Rheinische Schiefergebirge hinein und trennt die rechtsrheinischen Mittelgebirge Bergisches Land und Westerwald von der linksrheinisch gelegenen Nordeifel. Den südsüdöstlichen Teil der Niederrheinischen Bucht bildet tektonisch gesehen die Kölner Scholle, in der auf dem Grundgebirge aus unterdevonischen Schiefen und Grauwacken, mitteldevonischen Sandsteinen, oberdevonischen Kalksteinen und Schiefen bis zu 400 m mächtige tertiäre und quartäre Lockersedimente lagern. Beim Senkungsprozess ist die Ville als Halbhorst, zurückgeblieben.

Durch einen Meeresspiegelanstieg drang im Oligozän die Nordsee in die Niederrheinische Bucht vor und erreichte im Oberoligozän den Bonner Raum. Das wiederholte Vorstoßen und Zurückweichen des Meeres führte zur Ablagerung der terrestrisch-marinen Wechselfolgen der Oligozänen bis Miozänen Kölner Schichten. Sande, Tone und Braunkohle der

Kölner Schichten treten unweit südlich des Untersuchungsgebietes an den Hängen der Ville zu Tage.

Das nähere Untersuchungsgelände liegt im Verbreitungsgebiet der pleistozänen Talbildungen. Die durch den Wechsel von Kalt- und Warmzeiten im Pleistozän (Eiszeitalter) bedingten Schwankungen des Abflussverhaltens und der Sedimentationsfracht des Rheins und seiner Nebenflüsse ließen Terrassen entstehen. Die Ablagerungen der Hauptterrasse, die südlich der Untersuchungsfläche an den Hängen der Ville zu Tage treten, bestehen im Wesentlichen aus sandigen Kiesen, in denen Sandlinsen und z.T. größere Driftblöcke (Findlinge) eingelagert sind. Nach der Bildung der Haupt- und Mittelterrassen kam es während der Eiszeiten zur Ablagerung von Löss und Flugsanden, äolischen Sedimenten, die von Nordwestwinden in die Region getragen wurden. Der Löss überdeckt im Untersuchungsgebiet weitflächig die Sedimente der Kölner Schichten und der Mittelterrasse und kann oberflächennah zu Lösslehm verwittert sein. Unweit nordöstlich wurden die Sedimente, überwiegend oberflächliche verlehmt Sande und Kiese, der Niederterrasse abgelagert. Die Topographie zeigt hier eine deutliche Nord-Süd-verlaufende Geländestufe von der höheren, mit Löss überlagerten Hauptterrasse und der tieferliegenden, jüngeren Niederterrasse.

Bei ungestörter Lagerung liegen den Terrassensedimenten geringmächtige Hochflutlehme auf. Infolge von Erosions- und Solifluktionsprozessen sowie aufgrund des gemäßigten humiden Klimas des Holozäns sind die Bodenschichten pedogen überprägt und oberflächennah zu Braunerden und vereinzelt zu Parabraunerden umgewandelt worden. Die oberste Bodenschicht kann anthropogen durch künstliche Auffüllungen substituiert sein.

4.3 Hydrogeologischer Überblick

Die hydrogeologischen Verhältnisse der Niederrheinischen Bucht werden maßgeblich von den geologischen Gegebenheiten geprägt. Darauf basierend wurden hydrogeologische Teilräume mit gleichen oder ähnlichen hydrogeologischen Eigenschaften festgesetzt. Das Untersuchungsgebiet liegt innerhalb des Teilraumes „Terrassenebenen des Rheins und der Maas“, welcher überwiegend von gut durchlässigen siliziklastischen Porengrundwasserleitern geprägt ist. Diese können lokal durch Schluff-, Ton-, oder Torfhorizonten in mehrere Stockwerke gegliedert sein. Der hydrogeologische Aufbau des Teileinzugsgebiets „Rheingraben-Nord“, zu welchem das Plangebiet gehört, passt sich im Wesentlichen dem bekannten geologischen Schollenaufbau der Niederrheinischen Bucht an. Für ingenieurgeologische Fragen ist im Allgemeinen nur das oberste Grundwasserstockwerk von Be-

deutung, welches im weiteren Untersuchungsgebiet die Sande und Kiese der Rheinterrassen umfasst. Die Grundwasseroberfläche des obersten Grundwasserstockwerkes unterliegt in Abhängigkeit der Entfernung zum Rhein sowie der Geländemorphologie größeren Schwankungen. Für das Baufeld relevant ist der Grundwasserkörper „Niederung des Rheins“.

Weitere Informationen siehe Kapitel 6.2.

5 Durchgeführte Untersuchungen

Um Aufschluss über die Bodenverhältnisse am Projektstandort zu erhalten, wurden am 28.11.2022 insgesamt **6 Rammkernsondierungen (RKS n. DIN EN ISO 22475)** durchgeführt. Die Rammkernsondierungen wurden zur Aufnahme des örtlichen Schichtenprofils und der hydrologischen Verhältnisse bis in eine Tiefe von 5,0 m u. GOK ausgeführt.

Die Positionen der Aufschlussbohrungen wurden in einem Lageplan verzeichnet (s. Anlage 3) und die Ergebnisse gem. DIN 4023 in Schichtprofilen dargestellt (s. Anlage 4).

An 3 Mischproben der anstehenden sandig-kiesigen Bodenschichten wurde die jeweilige Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4 ermittelt (s. Anlage 5). Ziel war es, aus den erstellten Sieblinien den hydraulischen Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) zu bestimmen.

Zur Erkundung der Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes wurden die Rammkernsondierungen mit einer HDPE-Rohrgarnitur ausgebaut und Versickerungsversuche zur Bestimmung des hydraulischen Durchlässigkeitsbeiwertes (k_f -Wert) als Open-End-Test gemäß USBR Earth Manual durchgeführt (s. Anlage 6).

Die Ergebnisse aller in diesem Zusammenhang durchgeführten Untersuchungen sind in die vorliegende Beurteilung eingeflossen.

6 Örtliche Boden- und Wasserverhältnisse

6.1 Schichtenabfolge

Den allgemeinen geologischen Karten- und Literaturangaben zufolge ist im Bereich des Untersuchungsgebietes mit folgenden – für das Bauvorhaben relevanten - geologischen Einheiten zu rechnen:

- Lehmig-sandige, meist humose Aufschüttung in Nebentälern und alten Rheinläufen
- Grauer, oberflächlich entkalkter und verlehmtter Sand (Niederterrasse)

Im Bereich des Untersuchungsfeldes stellt sich die Abfolge der Bodenschichten zusammengefasst wie folgt dar:

Tabelle 1: Schichtenfolge

Schichtunterkante von...bis (m u. GOK)	Schicht	Bodenklasse (DIN 18300:2012-09)
0,80 – 2,60	Schluff, sandig (Bodengruppe UL / UM / SU* nach DIN 18196)	4
3,80 – ≥ 5,00	Sand, schluffig-kiesig (Bodengruppe SU / SE / SW / SI nach DIN 18196)	3 / 4
≥ 5,00 (RKS 2, 3)	Kies, sandig (Bodengruppe GW / GI / GU nach DIN 18196)	3

6.2 Wasserführung im Baugrund

Am Untersuchungstag konnte in den Bohrlöchern kein Stau-, Grund- oder Schichtwasser festgestellt werden, die Bohrlöcher wurden nach Fertigstellung der Bohrungen trocken gelotet.

Eine Auswertung der öffentlich zugänglichen Daten von Grundwassermessstellen im Umkreis des Untersuchungsgebietes (z.B. Messstelle Nr. 076598512 BN ALTABL. BP 1 und Nr. 076599115 BN ALTABL. BP 7) ergab **gemessene Höchststände des Grundwassers** von **47,55 m ü. NHN** bzw. **47,14 m ü. NHN**. Bezogen auf die aktuelle Geländehöhe von 55-57 m ü. NHN liegt der minimale Flurabstand des Grundwassers bei ca. 7,5 m.

Der **mittlere höchste Grundwasserstand** im Beobachtungszeitraum 1988-2018 wird für die Messstelle Nr. 076599115 mit **45,84 m ü. NHN** angegeben.

Somit ist nicht mit einer Beeinflussung von geplanten Versickerungsanlagen durch ansteigendes Grundwasser zu rechnen.

Das Projektfeld befindet sich nicht innerhalb ausgewiesener Überschwemmungsgebiete, grenzt allerdings laut der Informationsplattform NRW Umweltdaten vor ORT (UVO) im Süden an das festgesetzte Überschwemmungsgebiet des Gewässersystems Hardtbach/Katzenlochbach an.

7 Wasserdurchlässigkeit

7.1 Versickerungsversuch

Zur Erkundung der Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes wurden **6 Versickerungsversuche** zur Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes als Open-End-Test gemäß dem USBR Earth Manual durchgeführt. Hierzu wurden die durchgeführten Rammkernsondierungen (RKS/VS 1-6) mit einer HDPE-Vollrohhrgarnitur ausgebaut und mit einer Quelltonabdichtung zur Oberfläche hin versehen.

Die Lage der durchgeführten Bohrungen ist dem Lageplan in Anlage 3 zu entnehmen. Der Profilaufbau der Rammkernsondierungen ist dem Schichtenverzeichnis nach DIN 4023 in der Anlage 4 zu entnehmen.

Nach einer ausreichenden Sättigungszeit (min. 45 min) wurde jeweils durch Befüllen des Standrohres die Sickerrate pro Zeiteinheit gemessen. Auf der Grundlage dieser Sickerrate lässt sich der k_f -Wert (Durchlässigkeitsbeiwert) als bestimmende Kenngröße für die Aufnahmefähigkeit des Untergrundes für Niederschlagswasser berechnen.

Die Durchlässigkeit des Sickerraumes ist die wesentliche quantitative wie auch qualitative Voraussetzung für das Versickern von Niederschlagswasser. Die Durchlässigkeit der Lockergesteine hängt maßgeblich von ihrer Korngröße, Kornverteilung, und Lagerungsdichte ab, bei bindigen Böden entscheidend auch vom Gefüge und der Wassertemperatur und wird durch den Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) ausgedrückt.

Die Auswertung der Versickerungsversuche erfolgte nach den Vorgaben des USBR Earth Manual (s. Anlage 6). Die nach dem Gesetz von DARCY für die durchlässigen Bodenschichten (Sande und Kiese) ermittelten k_f -Werte liegen bei:

Tabelle 2: k_f -Wertermittlung aus den Versickerungsversuchen

Versuch	Bodenart	Tiefe (m u. GOK)	k_f -Wert
VS 1	Sand, kiesig	1,6 – 5,0	$2,01 \times 10^{-4}$
VS 2	Sand / Kies	2,6 – 5,0	$6,2 \times 10^{-5}$
VS 3	Sand / Kies	2,1 – 5,0	$4,09 \times 10^{-5}$
VS 4	Sand, schluffig-kiesig	1,3 – 5,0	$7,7 \times 10^{-5}$
VS 5	Sand, schluffig-kiesig	0,8 – 5,0	$1,47 \times 10^{-4}$
VS 6	Sand, kiesig	1,7 – 5,0	$4,37 \times 10^{-5}$

Der **Mittelwert** der festgestellten k_f -Werte liegt bei $9,5 \times 10^{-5}$ m/s.

Nach DIN 18130 sind die jeweiligen anstehenden Bodenschichten als **durchlässig** zu klassifizieren (s. Tabelle 3).

Tabelle 3: Durchlässigkeitsbereiche in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitsbeiwert (nach DIN 18130-1, 1998)

k_f -Wert (m/s)	Bereich
Unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig
10^{-8} bis 10^{-6}	schwach durchlässig
Über 10^{-6} bis 10^{-4}	durchlässig
Über 10^{-4} bis 10^{-2}	stark durchlässig
Über 10^{-2}	sehr stark durchlässig

7.2 Siebanalysen

Aus den gewachsenen sandig-kiesigen Bodenschichten mit variierenden Schluffanteilen wurde Probenmaterial entnommen und zu 3 Mischproben vereinigt (Entnahmetiefen zwischen 0,8 m und 5,0 m u. GOK). Mithilfe von Siebanalysen gemäß DIN EN ISO 17892-4 wurden die Körnungslinien bestimmt (s. Anlage 5).

Die Mischproben wurden im Hinblick auf die generelle Kornzusammensetzung untersucht und der Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert [m/s]), sofern möglich, nach dem Verfahren von *Beyer* bestimmt. In Bezug auf die Korngrößenverteilungen handelt es sich bei den untersuchten Proben um die Bodengruppen SU, SU* und GI.

Das Verfahren nach Beyer basiert auf der Grundlage, dass der Feinkornanteil in einem Lockergestein den größten Einfluss auf die hydraulische Leitfähigkeit und damit auf die Wasserdurchlässigkeit besitzt.

Des Weiteren wird vorausgesetzt, dass der wirksame Korndurchmesser dem Siebdurchgang bei 10 % (d_{10}) entspricht. Demnach ergibt sich nachfolgende Gleichung zur Bestimmung des k_f -Wertes nach Beyer:

➤ $k_f = C * d_{10}^2 * (0,70 + 0,03 \Theta)$; mit der Anwendungsgrenze

C ist abhängig von C_u ;
 $C_u = 1 \leq d_{60}/d_{10} \leq 25$;
 $d_{10} = \leq 0,06 - \leq 0,6$;
 mit $\Theta = 10$ °C für die mittlere
 GW-Temperatur ergibt der
 Klammersausdruck = 1

In der nachfolgenden Tabelle sind die anhand der Siebanalysen nach *Beyer* ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte aufgeführt:

Tabelle 4: Durchlässigkeitsbeiwerte ermittelt nach *Beyer*

Probe	Einzelproben	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Bodenart	Durchlässigkeitsbeiwert (k_f – Wert) nach <i>Beyer</i>
MP 1	1/4 + 2/4	1,6 – 4,4	Sand	$4,7 \times 10^{-5}$ m/s
MP 2	4/3 + 5/3	0,8 – 3,0	Sand, schluffig	nicht auswertbar, da zu hoher Feinkornanteil < 20 %
MP 3	4/4 + 5/4 + 6/4	2,4 – 5,0	Sand, kiesig	$1,4 \times 10^{-4}$ m/s

Aufgrund der nach der Formel von *Beyer* ermittelten k_f -Werte (Tabelle 4) sind die beprobten Sande entsprechend DIN 18 130 (s. Tab. 3) im Mittel ($k_f = 9,35 \times 10^{-5}$ m/s) als **durchlässig** zu klassifizieren.

Die Ergebnisse der Siebanalysen sind in der Anlage 5 beigelegt.

8 Beurteilung

Voraussetzung für die Versickerung ist eine hinreichende Durchlässigkeit und ein ausreichendes Speichervermögen des Untergrundes sowie ein ausreichender Abstand zur mittleren höchsten Grundwasseroberfläche (MHGW).

Die Auswertung der durchgeführten **Feldversuche** zeigt Durchlässigkeitsbeiwerte für die Sande in einer Größenordnung von $k_f = 4,09 \times 10^{-5}$ m/s bis $2,01 \times 10^{-4}$ m/s. Die Schwan-

kungsbreite ist durch die örtlich variierenden Feinkornanteile in den Sanden zu erklären. Im Mittel liegt der Durchlässigkeitsbeiwert auf Grundlage der Feldversuche bei **$k_f = 9,40 \times 10^{-5} \text{ m/s}$** .

Die bei den Laborversuchen ermittelten k_f -Werte lagen bei $k_f = 4,7 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ bzw. $1,4 \times 10^{-4} \text{ m/s}$. Für die Mischprobe des schluffigen Sandes (MP 2) konnte aufgrund des Feinkornanteils von > 20 % keine Auswertung nach den üblichen Berechnungsverfahren vorgenommen werden. Im Mittel liegt der Durchlässigkeitsbeiwert für die Sande bei **$k_f = 9,35 \times 10^{-5} \text{ m/s}$** .

Das Arbeitsblatt DWA-A 138 zu Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser enthält Korrekturfaktoren zur Festlegung des Bemessungs- k_f -Wertes in Abhängigkeit von der gewählten Methodik zur k_f -Wertermittlung. Bei einem Geländeversuch (z.B. Open-End-Test nach USBR Earth Manual) ist der ermittelte k_f -Wert mit dem Korrekturfaktor 2 zu multiplizieren. Für k_f -Wertbestimmungen durch Siebanalysen wird der Korrekturfaktor 0,2 angegeben.

Es ergibt sich somit für die Feldversuche ein mittlerer Bemessungswert von **$k_f = 1,88 \times 10^{-4} \text{ m/s}$** . Auf Grundlage der Laborversuche berechnet sich ein Bemessungswert von **$k_f = 1,87 \times 10^{-5} \text{ m/s}$** . Auf der sicheren Seite liegend empfehlen wir, insbesondere unter Berücksichtigung örtlich variierender Schluffanteile, für die Bemessung von Versickerungsanlagen, welche mindestens bis in die kiesigen Sande/sandigen Kiese einbinden, den nachfolgenden Wert anzusetzen:

$$k_f = 5,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

Nach Auswertung aller Ergebnisse sind die anstehenden Bodenschichten nach DIN 18130-1 als **durchlässig** zu klassifizieren.

8.1 Versickerungsmulden

Für die Versickerung von gering verschmutztem und verschmutztem Niederschlagswasser (Verkehrsflächen) ist die Passage durch eine belebte Bodenzone erforderlich.

Als Grenz-Durchlässigkeitsbeiwert für die Wasseraufnahme ist bei einer **oberflächen-nahen Versickerungsanlage (Mulde)** von einem **k_f -Wert $\geq 5,0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$** auszugehen, damit eine ausreichende Versickerung erzielt wird. Versickerungsmulden sind flache (max. Tiefe 0,50 m), meist mit Gras bepflanzte Bodenvertiefungen, in denen das zulauf-

fende Regenwasser kurzzeitig zwischengespeichert werden kann, um dort an Ort und Stelle in den Untergrund zu versickern.

In den entsprechenden Tiefen wurden im Bereich des Untersuchungsgebietes **Lehmdeckschichten** (sandige Schluffe) angetroffen, welche nach unseren Erfahrungen Durchlässigkeitsbeiwerte aufweisen, die unterhalb der Anforderungen des DWA Arbeitsblatts A138 für eine Mulde liegen.

Eine Versickerung von Niederschlagswasser nur über Versickerungsmulden ist daher für das Baugrundstück nicht umsetzbar.

Die Anwendungsgrenze einer Versickerungsmulde kann prinzipiell erweitert werden, wenn bei relativ geringer Durchlässigkeit des anstehenden Bodens im Bereich der Mulde ein vergrößertes Speichervolumen oder eine Durchleitung zu den darunterliegenden durchlässigeren Schichten zur Verfügung gestellt werden kann. Dies kann z.B. durch einen rigolenartigen Materialkörper gewährleistet werden.

8.2 Rigolen

Eine Rigole ist ein unterirdischer Graben, um eingeleitetes Regenwasser aufzunehmen und zu versickern. Dazu ist eine Rigole mit Kies oder anderen, kontaktersionsicher abgestuften Materialien ausgefüllt. Mit diesem System werden tiefere, versickerungsfähige Bodenschichten erreicht. Eine Rigole sollte, um eine volle Funktionsfähigkeit zu gewährleisten, mind. ca. 50 cm in die als durchlässig ermittelten Sedimente einbinden.

Bei dieser Anlagenart fehlt allerdings die Reinigung des Wassers durch die belebte Bodenzone. Für Rigolen ist daher nur die direkte Einleitung von unverschmutztem Niederschlagswasser, z.B. von Dachflächen möglich.

Als Grenz-Durchlässigkeitsbeiwert nach ATV-DVWK Arbeitsblatt A138 ist für ein solches System von einem **k_f -Wert $\geq 1,0 \times 10^{-6}$ m/s** auszugehen. Diese Anforderungen an die Durchlässigkeit des Untergrundes für eine Versickerung in einer Rigole werden für die im Untergrund anstehenden Sande und Kiese **erfüllt**.

Entsprechend Arbeitsblatt A 138 ist ein Abstand zwischen Versickerungsanlage und mittlerem höchstem Grundwasserstand von > 1 m erforderlich. Ausgehend von einem mittleren höchstem Grundwasserstand bei 46,0 m ü. NHN (vgl. Pkt. 6.2) ist dies gewährleistet, wenn die Sohlen der Versickerungsanlagen höher als 47,0 m ü. NHN liegen. Ein ausreichender Grundwassersohlabstand ist damit im Plangebiet gewährleistet.

Eine Versickerung über Rigolen ist daher im Plangebiet grundsätzlich möglich.

Es ist anzumerken, dass der angegebene Bemessungswert als auf der sicheren Seite liegend für die kiesigen Sande und sandigen Kiese anzusehen ist. Örtlich weist der Sand im Plangebiet einen erhöhten Feinkornanteil auf (vgl. RKS 1/3, 4/3, 5/3). Es wird daher insbesondere für den Westen des Plangebietes (RKS 1, 4, 5) empfohlen, Rigolen bis min. auf die Sande mit geringerem Feinkornanteil zu führen, was ab einer Tiefe von max. 3 m u. GOK der Fall ist. An den übrigen Bohrpunkten standen die für eine Rigolenversickerung geeigneten Schichten bereits in geringeren Tiefen von 1,7 bis 2,6 m u. GOK an. Es wird grundsätzlich empfohlen, eine gutachterliche Abnahme der Rigolensohlen vornehmen zu lassen.

8.3 Mulden-Rigolen-Elemente

Die Anwendungsgrenze einer Versickerungsmulde kann prinzipiell erweitert werden, wenn die relativ geringe Versickerungsrate einer Mulde durch ein vergrößertes Speichervolumen ausgeglichen wird. Dies kann z.B. durch ein Mulden-Rigolen-Element erfolgen. Es besteht aus einer begrünter Mulde mit darunterliegender Rigole. Bei diesem System handelt es sich um zwei getrennte Speicher mit jeweils eigenen Füll- und Entleerungsprozessen.

Als Grenz-Durchlässigkeitsbeiwert nach ATV-DVWK Arbeitsblatt A138 ist für ein solches System ebenfalls von einem **k_f -Wert $\geq 1,0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$** auszugehen. Diese Anforderungen an die Durchlässigkeit des Untergrundes werden für die anstehenden Sande und Kiese **erfüllt**.

Eine Kombination aus Mulden und Rigolen ist für das Plangebiet daher grundsätzlich möglich.

Da bei dieser Anlagenart auch eine Passage des Niederschlagswassers durch die belebte Bodenzone erfolgt, eignet sie sich auch zur Versickerung von gering verschmutztem Niederschlagswasser (Verkehrswege).

9 Ausführungsempfehlungen / allgemeine Hinweise

Da das erforderliche Speichervolumen auf der Grundlage von Regenspenden aus jährlichen Serien von Messstationen statistisch errechnet wird, muss von tatsächlichen Abweichungen ausgegangen werden. Die meistgenutzte statistische Versagenshäufigkeit beträgt $n = 0,2/a$, d.h. statistisch ist alle 5 Jahre mit einem Regenereignis zu rechnen, dass

das berechnete Speichervolumen übersteigt. Darüber hinaus kann sich die Durchlässigkeit während der Betriebszeit vermindern. Die Gefährdungssituation im Versagensfall ist planerisch zu berücksichtigen und die statistische Versagenhäufigkeit ggf. dementsprechend anzupassen.

Bei der Planung der Anlage sind die Angaben des Arbeitsblattes DWA-A 138 (Ausgabe Januar 2005) zu beachten. Bei der Bemessung von Rigolen kann das Rückhaltevolumen der Zisterne nicht berücksichtigt werden.

Die Filterstabilität von Mulden/Rigolen ist durch Auskleidung des Grabens mit einem geeigneten Geotextil zu gewährleisten. Die Bemessung des Geotextils erfolgt auf der Grundlage des „Merkblattes für die Anwendung von Geotextilien und Geogittern im Erdbau des Straßenbaus“ von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.

Um Mulden funktionsfähig zu halten, müssen diese gepflegt werden. Die Mulden müssen regelmäßig gewartet und mindestens halbjährlich vom Betreiber kontrolliert und größere Stoffanreicherungen, z.B. Laubfall, entfernt werden. Außerdem sollte der Bewuchs regelmäßig geschnitten werden. Es ist ein Schutz vor Auskolkungen (Ausspülungen) einzurichten.

Rigolen sollten, um eine volle Funktionsfähigkeit zu gewährleisten, mind. ca. 50 cm in die versickerungsfähigen sandigen Kiese einbinden. Des Weiteren sind zur dauerhaften Funktionstüchtigkeit **Absetz-/ Spül-/ Reinigungsanlagen** vorzusehen, ansonsten ist mit Verstopfungen (z.B. durch Laub, Feinkornmaterial, etc.) zu rechnen. Zusätzlich ist ein austauschbarer **Filter** im Bereich des Zulaufs vorzusehen. Es empfiehlt sich die Verwendung von Fertigteilen. Von diesem aus sollten, zwecks besserer Verteilung des Wassers, Rohre in die Rigole eingebaut werden.

Der Abstand der Versickerungsanlagen zu Grundstücksgrenzen ist so zu wählen, dass eine Beeinträchtigung der Nachbargrundstücke auszuschließen ist. Als Richtwert kann ein Abstand von 2,0-3,0 m angenommen werden. Die Tiefenlage der Rigolen im Verhältnis zu den Gründungssohlen der benachbarten Gebäudeteile sind bei der Planung zu berücksichtigen.

Systemskizzen für eine Rigole bzw. eine Mulden-Rigole liegen dem Gutachten in der Anlage 7 und 8 bei.

Die Einleitung von Niederschlagswasser in das Grundwasser ist genehmigungspflichtig, es ist eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich.

10 Schlussbemerkungen

Dieses Gutachten ist von unserem Auftraggeber oder dessen Vertreter allen am Bau maßgeblich Beteiligten vollständig zur Kenntnis zu bringen.

Das Gutachten gilt nur in seiner Gesamtheit als verbindlich. Änderungen in den Grundlagen und vom Gutachten abweichende Bauausführungen bedürfen daher der Überprüfung und der Zustimmung.

Die Abnahme der Sohlen der Versickerungsanlagen bleibt vorbehalten. Es wird um rechtzeitige Terminabsprache gebeten.

Der Bericht gibt den Kenntnisstand vom 05.01.2023 wieder.

GBU

Geologie-, Bau- & Umweltconsult GmbH

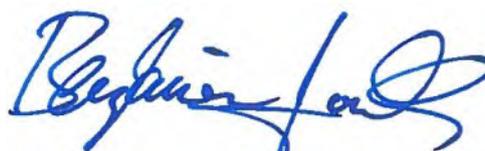
Beratende Geologen und Geotechniker BDG/DGG/DGGT



GEOLOGIE · BAU & UMWELTCONSULT GMBH
 BERATENDE GEOLOGEN & GEOTECHNIKER BDG/DGG/DGGT
 AUF DEM SCHURWEBEL 11 D-53347 ALFTER T 0228/976 291-0 F 0228/976 291-29
 W WWW.GBU-CONSULT.DE E INFO@GBU-CONSULT.DE



Dipl.-Geo. Manfred Rumi
 (Geschäftsführer)

Benjamin Jackes M.Sc.
 (Projektbearbeiter)

Anlagen

Anlage 1

Topographische Karte

Ausschnitt aus der Topographischen Karte Bereich Bonn

Projekt: BV B-Plan 6122-1 Grootestr./Lenaustr., Bonn

Projekt-Nr: 22/09/7376

Bearbeiter: Sok.

Maßstab: 1:25.000

Anlage: 1

Datum: 29.11.2022



Anlage 2

Geologische Karte

**Ausschnitt aus der Geologischen Karte
Blatt 5208 Bonn**



GEOLOGIE · BAU & UMWELTCONSULT GMBH

Projekt: BV B-Plan, Grootestraße/Lenastraße, Bonn-Dransdorf

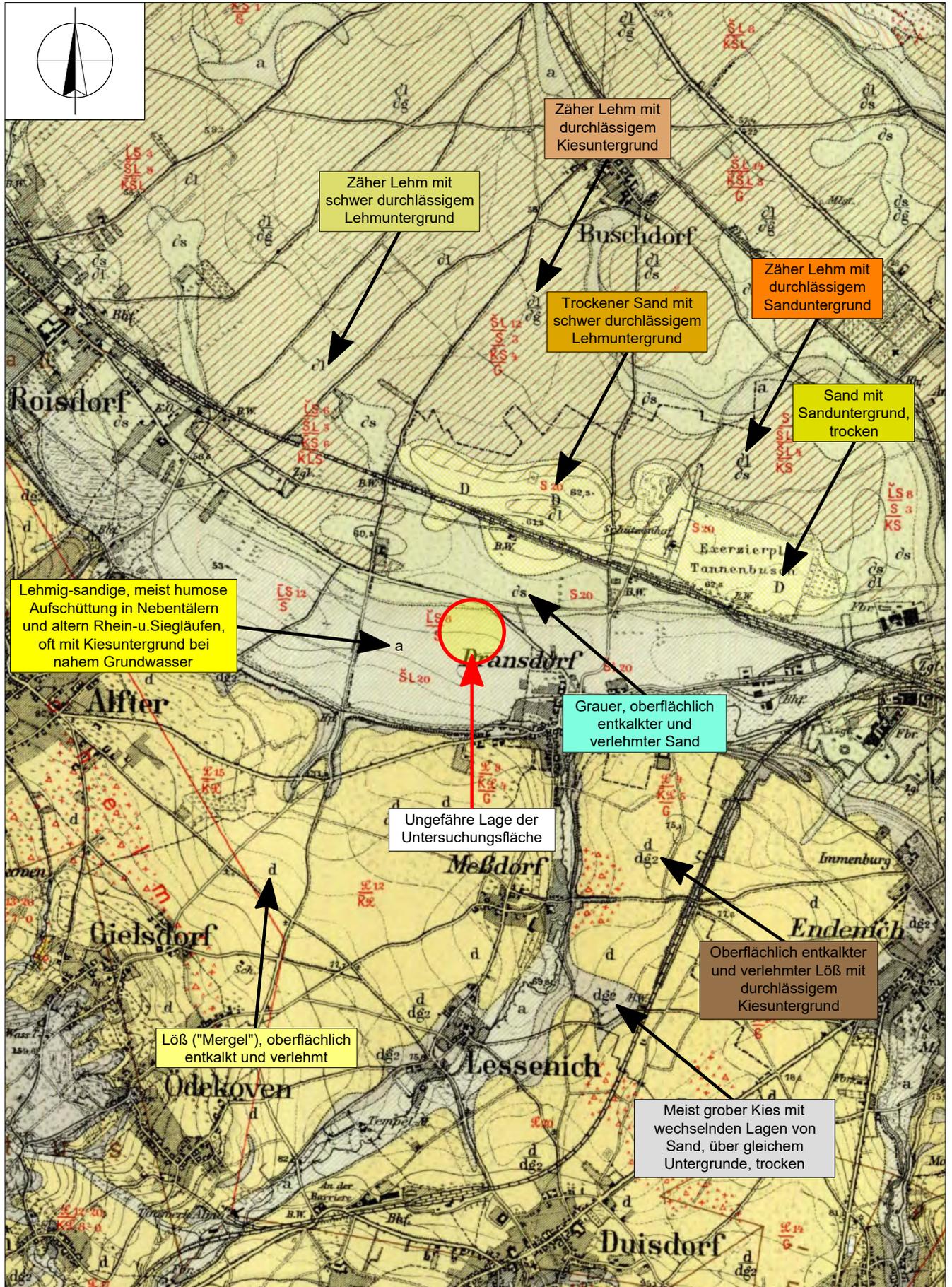
Projekt-Nr.: 22/09/7376

Bearbeiter: Mo.

Maßstab: 1:25.000

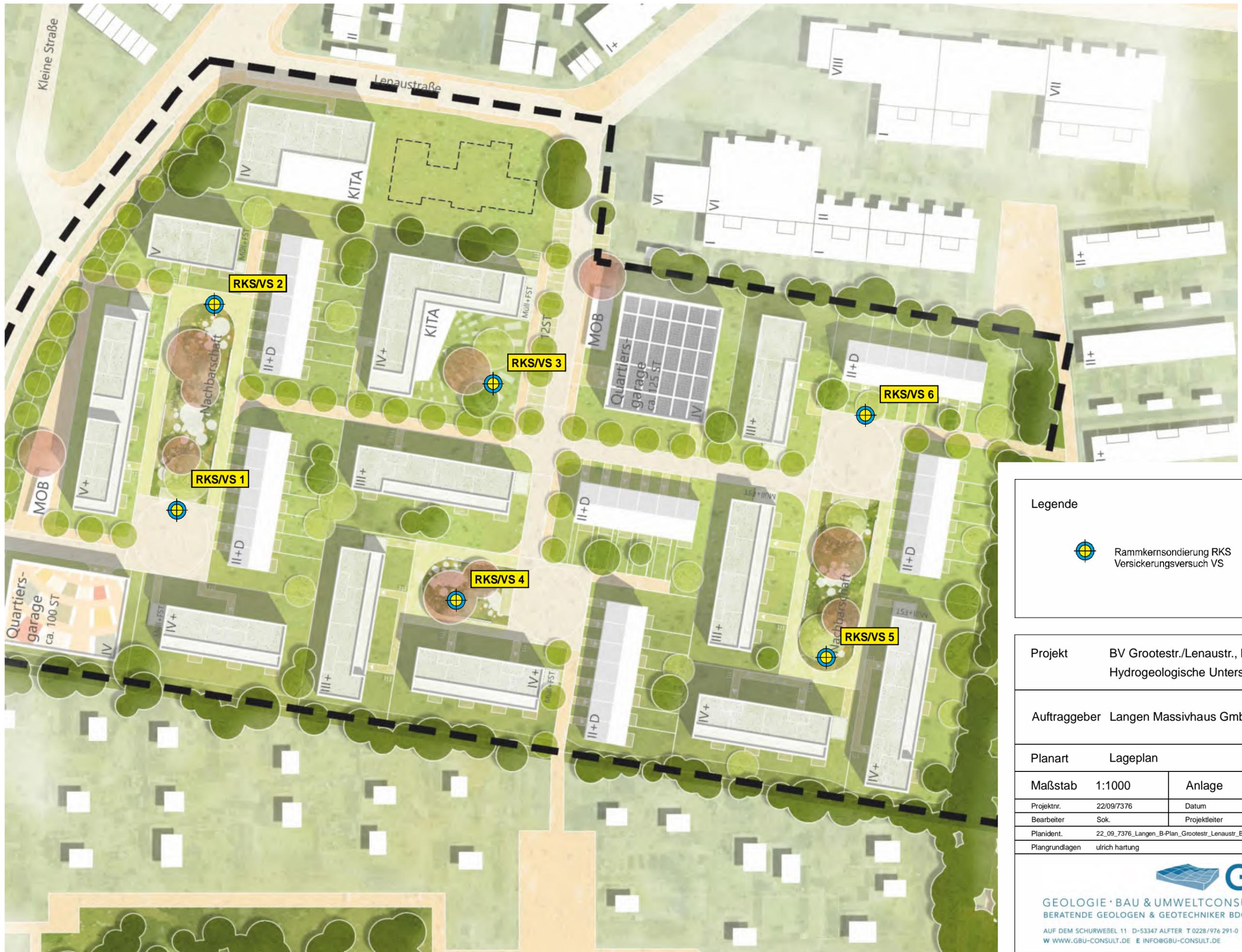
Anlage: 2

Datum: 03.11.2022



Anlage 3

Lageplan



Legende

| | Rammkernsondierung RKS Versickerungsversuch VS |

Projekt BV Grootestr./Lenaustr., Bonn
Hydrogeologische Untersuchung

Auftraggeber Langen Massivhaus GmbH & Co. KG

Planart Lageplan

Maßstab 1:1000	Anlage 3
-----------------------	-----------------

Projektnr. 22/09/7376	Datum 29.11.2022
-----------------------	------------------

Bearbeiter Sok.	Projektleiter Jac.
-----------------	--------------------

Planident. 22_09_7376_Langen_B-Plan_Grootestr_Lenaustr_BN-Dransdorf/Planunterlagen

Plangrundlagen ulrich hartung

GEOLOGIE · BAU & UMWELTCONSULT GMBH
BERATENDE GEOLOGEN & GEOTECHNIKER BDG/DGG/DGGT

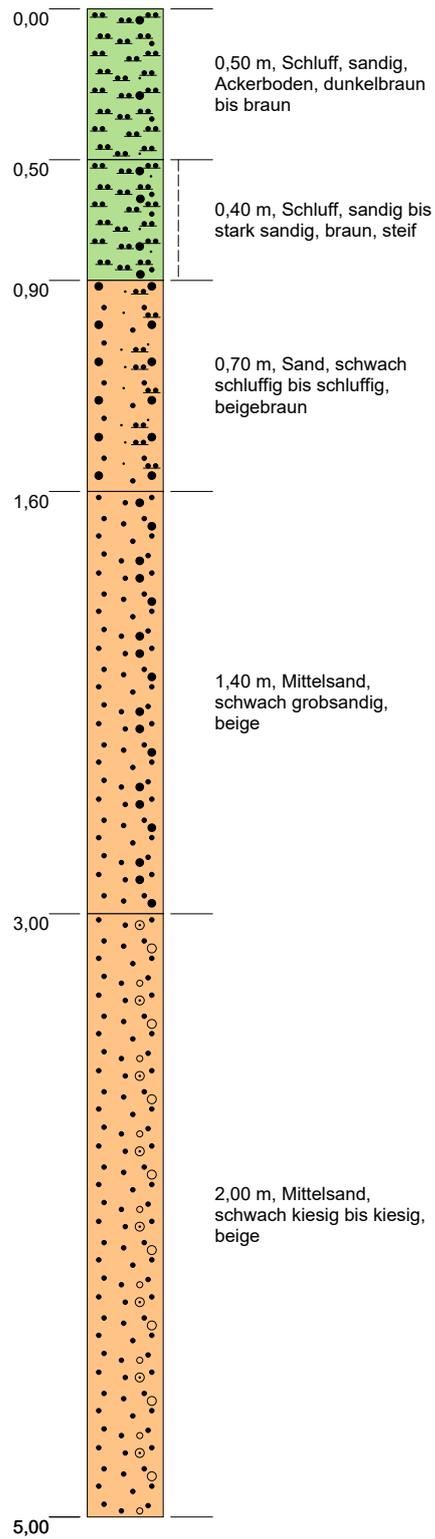
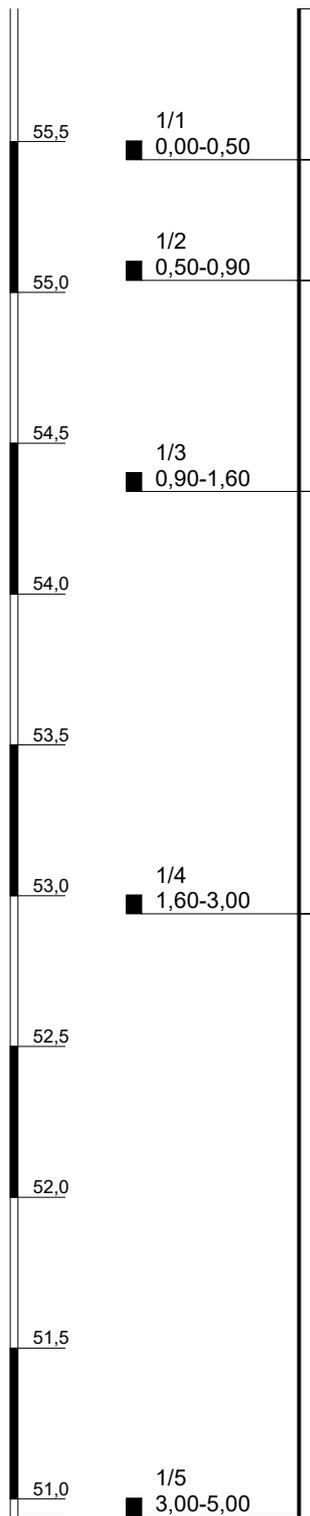
AUF DEM SCHURWEBEL 11 D-53347 ALFTER T 0228/976 291-0 F 0228/976 291-29
W WWW.GBU-CONSULT.DE E INFO@GBU-CONSULT.DE

Anlage 4

Bohrprofile

55,94 m ü. NHN

RKS 1



Maßstab: 1:25

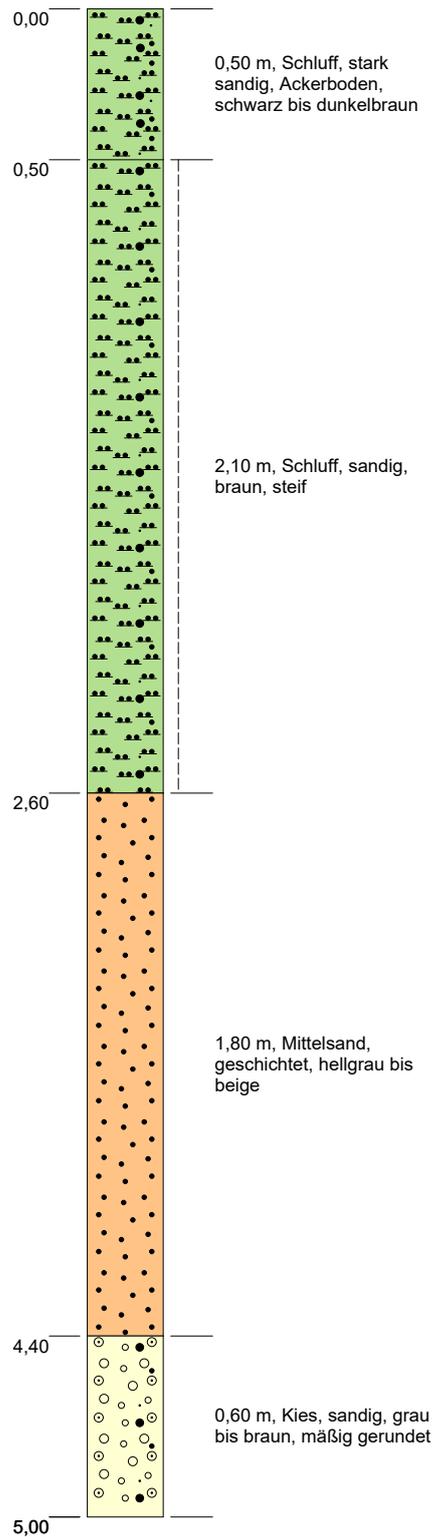
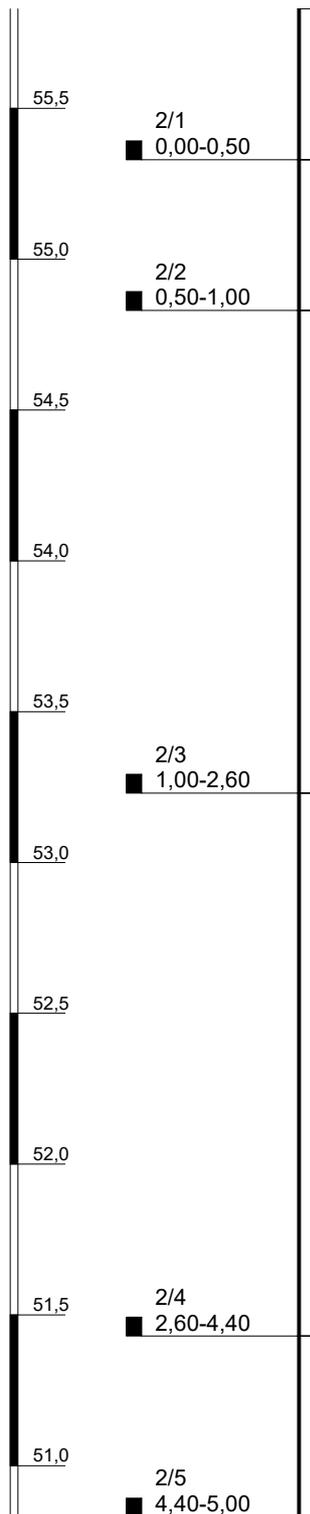
Blatt 1 von 1

Projekt: BV B-Plan 6122-1 Grootestr./Lenastr.,BN	
Bohrung: RKS 1	
Projektnr.: 22/09/7376	Anlage: 4.1
Lage: siehe Lageplan	Datum: 28.11.2022
Ansatzhöhe: 55,94 m ü. NHN	Endtiefe: 5,00 m
Bearbeiter: He./Ax., Sok.	Auftraggeber: Langen GmbH & Co. KG



55,83 m ü. NHN

RKS 2



Maßstab: 1:25

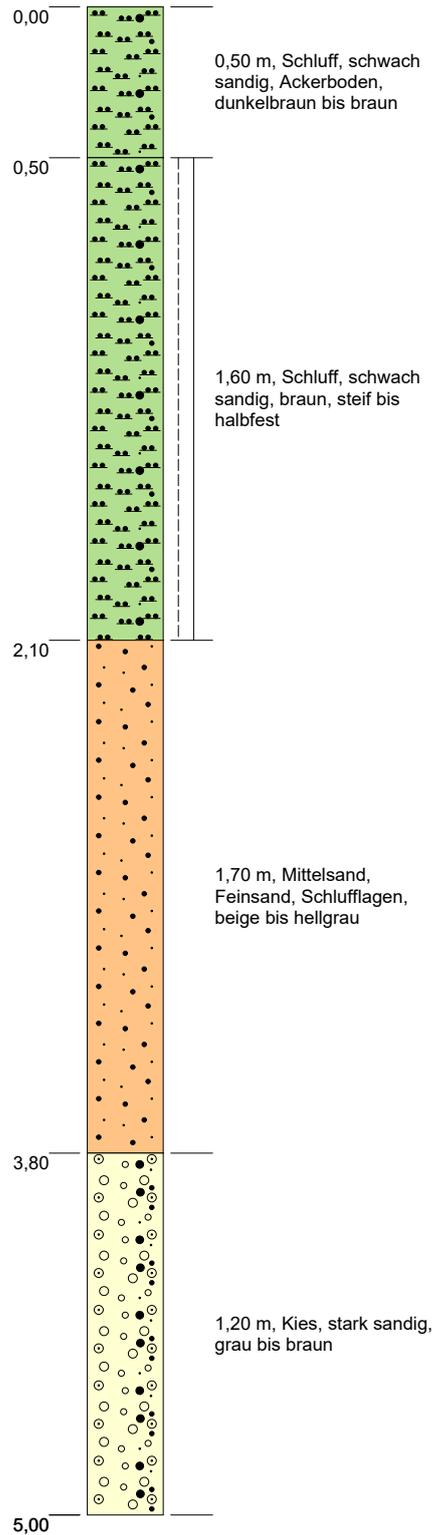
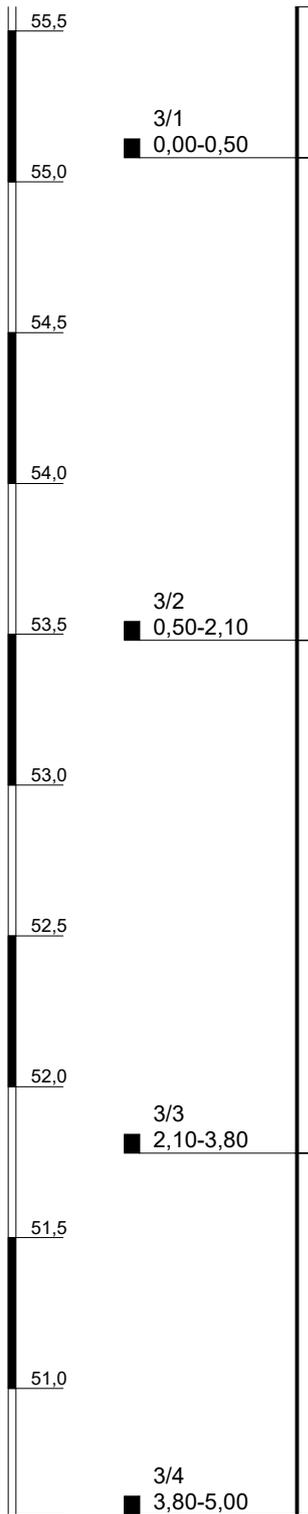
Blatt 1 von 1

Projekt: BV B-Plan 6122-1 Grootestr./Lenastr.,BN			
Bohrung: RKS 2			
Projektnr.:	22/09/7376	Anlage:	4.2
Lage:	siehe Lageplan	Datum:	28.11.2022
Ansatzhöhe:	55,83 m ü. NHN	Endtiefe:	5,00 m
Bearbeiter:	He./Ax., Sok.	Auftraggeber:	Langen GmbH & Co. KG



55,58 m ü. NHN

RKS 3



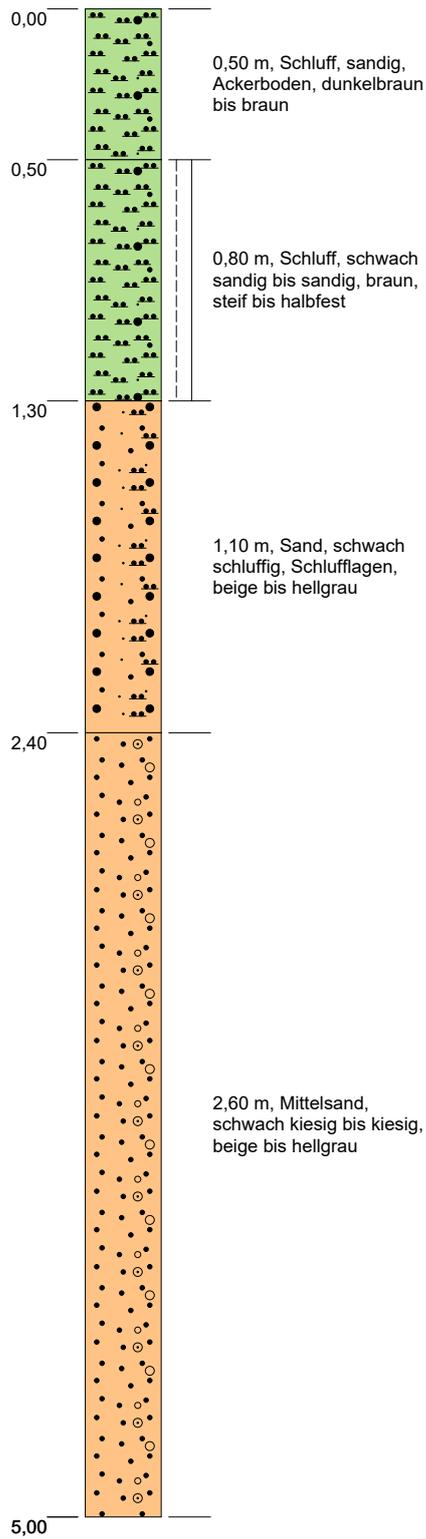
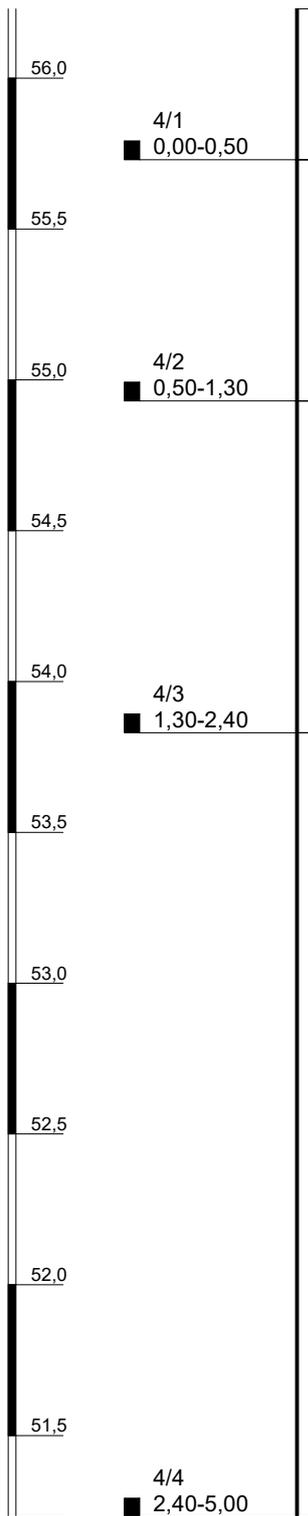
Maßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: BV B-Plan 6122-1 Grootestr./Lenastr.,BN		
Bohrung: RKS 3		
Projektnr.: 22/09/7376	Anlage: 4.3	
Lage: siehe Lageplan	Datum: 28.11.2022	
Ansatzhöhe: 55,58 m ü. NHN	Endtiefe: 5,00 m	
Bearbeiter: He./Ax., Sok.	Auftraggeber: Langen GmbH & Co. KG	

56,23 m ü. NHN

RKS 4



Maßstab: 1:25

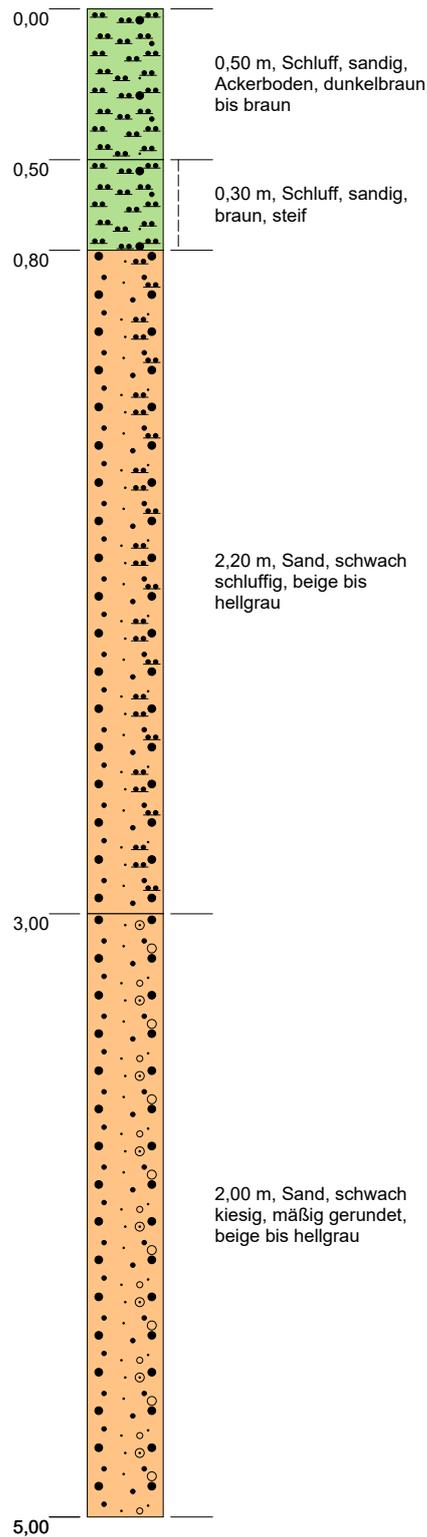
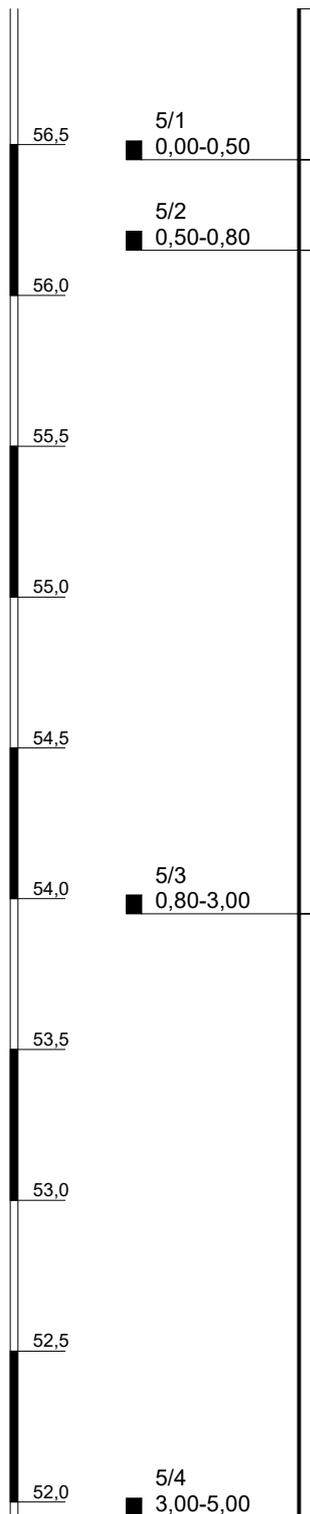
Blatt 1 von 1

Projekt: BV B-Plan 6122-1 Grootestr./Lenastr.,BN			
Bohrung: RKS 4			
Projektnr.:	22/09/7376	Anlage:	4.4
Lage:	siehe Lageplan	Datum:	28.11.2022
Ansatzhöhe:	56,23 m ü. NHN	Endtiefe:	5,00 m
Bearbeiter:	He./Ax., Sok.	Auftraggeber:	Langen GmbH & Co. KG



56,95 m ü. NHN

RKS 5



Maßstab: 1:25

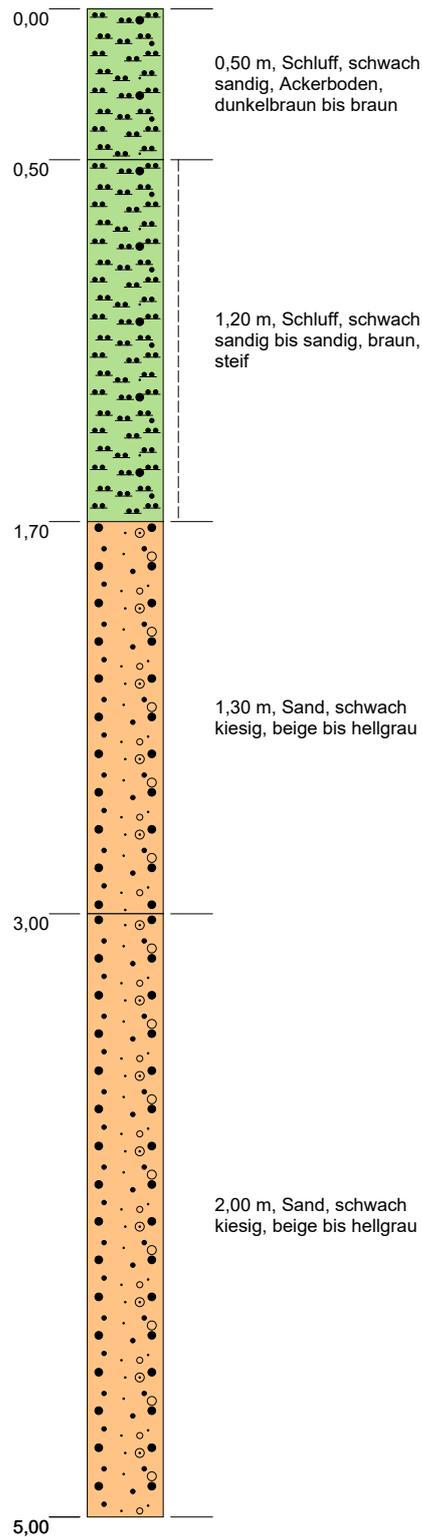
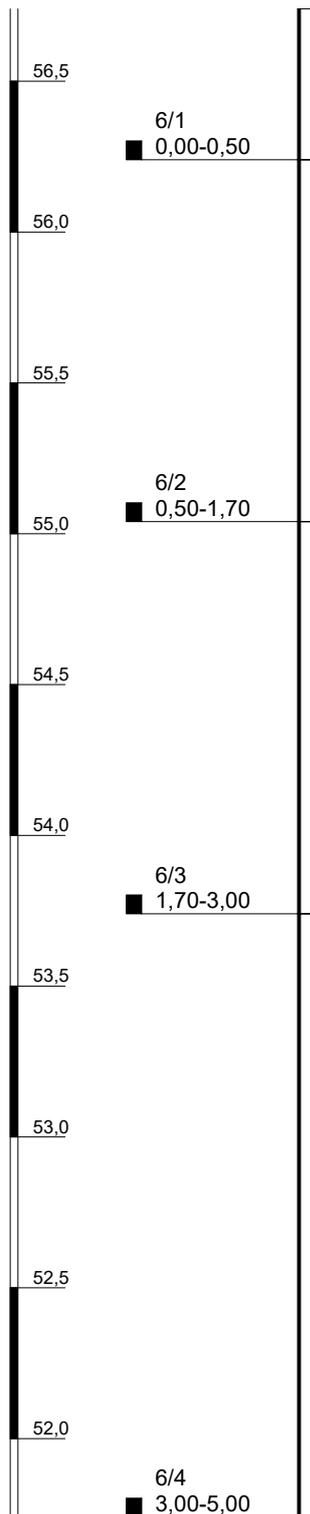
Blatt 1 von 1

Projekt: BV B-Plan 6122-1 Grootestr./Lenastr.,BN	
Bohrung: RKS 5	
Projektnr.: 22/09/7376	Anlage: 4.5
Lage: siehe Lageplan	Datum: 28.11.2022
Ansatzhöhe: 56,95 m ü. NHN	Endtiefe: 5,00 m
Bearbeiter: He./Ax., Sok.	Auftraggeber: Langen GmbH & Co. KG



56,74 m ü. NHN

RKS 6



Maßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: BV B-Plan 6122-1 Grootestr./Lenastr.,BN	
Bohrung: RKS 6	
Projektnr.: 22/09/7376	Anlage: 4.6
Lage: siehe Lageplan	Datum: 28.11.2022
Ansatzhöhe: 56,74 m ü. NHN	Endtiefe: 5,00 m
Bearbeiter: He./Ax., Sok.	Auftraggeber: Langen GmbH & Co. KG



Anlage 5

Siebanalysen

Körnungslinie

B-Plan 6122-1 Grootestr./Lenaustr., Bonn

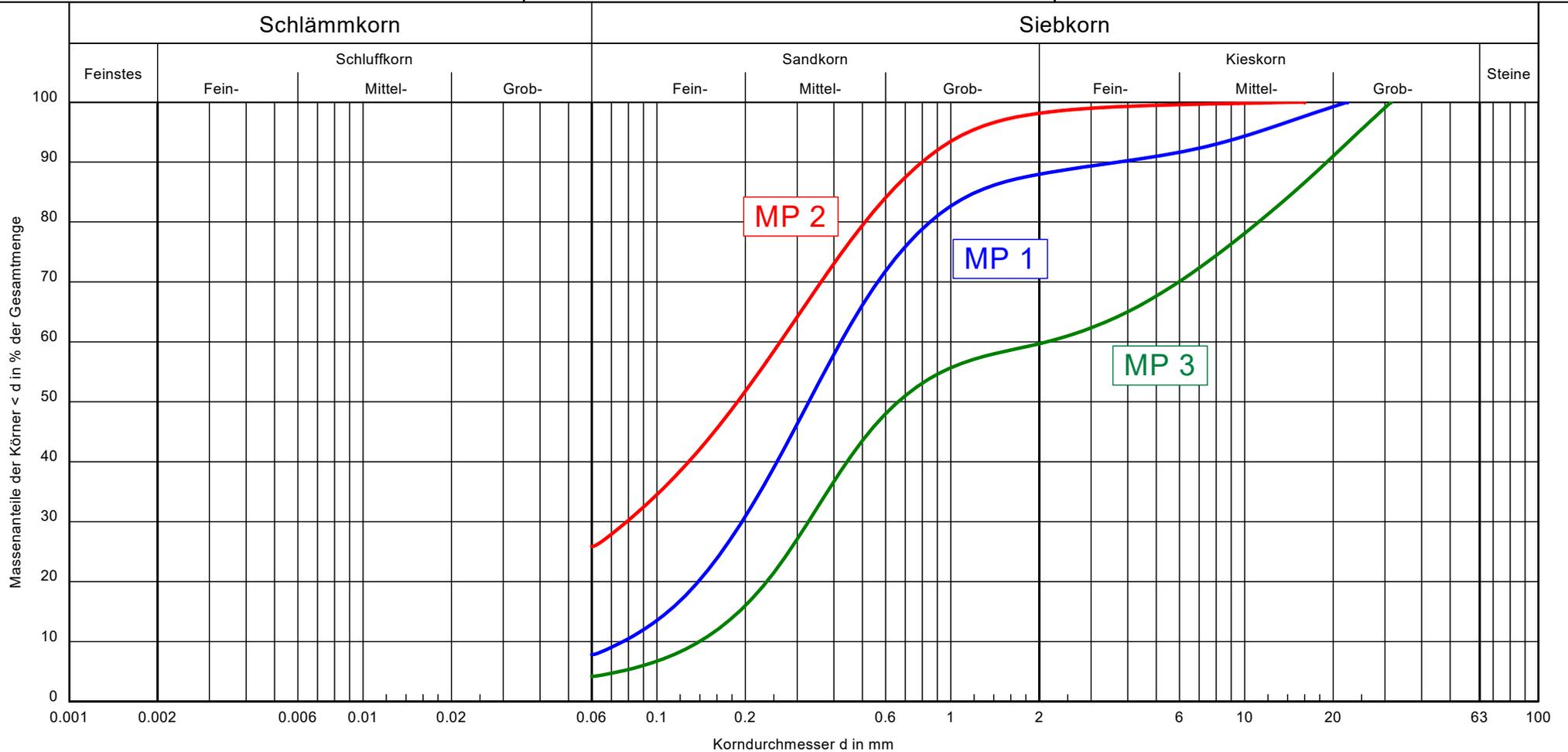
Projekt-Nr.: 22/09/7376

Prüfungsnummer:

Probe entnommen am: 28.11.2022

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Siebanalyse (mit Nassabtrennung der Feinbestandteile)



Bezeichnung:	MP 1	MP 2	MP 3	Bemerkungen: Bodenarten nach DIN 18196 Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4	Anlage: 5
Entnahmestelle:	RKS 1/4 + 2/4	RKS 4/3 + 5/3	RKS 4/4 + 5/4 + 6/4		
Tiefe:	1.6 - 4.4 m	0.8 - 3.0 m	2.4 - 5.0 m		
Bodenart:	mS, fs, gs, u', mg'	S, u	S, G		
k [m/s] (Beyer):	$4.7 \cdot 10^{-5}$	-	$1.4 \cdot 10^{-4}$		
U/Cc:	5.5/1.2	-/-	15.2/0.4		
Bodengruppe:	SU	SU*	GI		

Anlage 6

Auswertung der Versickerungsversuche

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf-Wert) durch Bohrlochversickerung

	Projekt:	BV B-Plan 6122-1 Grootestr./Lenastr., Bonn	Bearb.:	Sok.
	Projektnr.:	22/09/7376	Anl.:	6.1
	Versuch - Nr.:	VS 1	Datum :	29.11.2022

Überstand der Verrohrung über GOK	0,25 m
h_0 = Wasserspiegel über GOK bei Versuchsbeginn (t_0)	-3,55 m
a = Tiefe der Verrohrung	1,75 m
A = Länge unverrohrtes Bohrloch	3,25 m
H = Wasserspiegel über Bohrlochsohle bei Versuchsbeginn (t_0)	1,45 m
$2r$ = Bohrlochdurchmesser	0,06 m
r_a = Bohrlochradius	0,03 m

Zeit gesamt t [s]	Messzeitraum Δt [s]	Wasserspiegel [m u. GOK]	Wasserspiegel ü. Bohrlochsohle h_i [m]	Absenkung Δh [m]	Durchlässigkeits- beiwert k_f [m/s]
0	0	3,55	1,45	0,00	/
30	30	4,5	0,50	0,95	2,83E-04
60	30	4,65	0,35	0,15	1,18E-04
im Mittel					2,01E-04

$$k_f \text{ [m/s]} = \frac{\pi \times r_i^2}{2 \times L \times (t_2 - t_1)} \times \ln \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \times \operatorname{arcsinh} \left(\frac{L}{2 \times r_a} \right)$$

L [m] = Filterstrecke im jeweiligen Auswertungsintervall nach Absenkungshöhe

$h_{1,2}$ [m] = Aufstauhöhen; h_1 : Wasserstand zu Beginn eines Messintervalls (t_1); h_2 : Wasserstand am Ende eines Messintervalls (t_2)

$t_{1,2}$ [s] = vergangene Zeit; Beginn eines Messintervalls bei Zeitpunkt t_1 ; Ende eines Messintervalls bei Zeitpunkt t_2

r_i [m] = Radius der drückenden Wassersäule, hier: $r_i = r_a$

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf-Wert) durch Bohrlochversickerung

	Projekt:	BV B-Plan 6122-1 Grootestr./Lenastr., Bonn	Bearb.:	Sok.
	Projektnr.:	22/09/7376	Anl.:	6.2
	Versuch - Nr.:	VS 2	Datum :	29.11.2022

Überstand der Verrohrung über GOK	0,10 m
h_0 = Wasserspiegel über GOK bei Versuchsbeginn (t_0)	-3,50 m
a = Tiefe der Verrohrung	1,90 m
A = Länge unverrohrtes Bohrloch	3,10 m
H = Wasserspiegel über Bohrlochsohle bei Versuchsbeginn (t_0)	1,40 m
$2r$ = Bohrllochdurchmesser	0,06 m
r_a = Bohrllochradius	0,03 m

Zeit gesamt t [s]	Messzeitraum Δt [s]	Wasserspiegel [m u. GOK]	Wasserspiegel ü. Bohrlochsohle h_t [m]	Absenkung Δh [m]	Durchlässigkeits- beiwert k_f [m/s]
0	0	3,5	1,50	0,00	/
30	30	4,2	0,80	0,70	1,22E-04
60	30	4,52	0,48	0,32	1,39E-04
120	60	4,59	0,41	0,07	2,37E-05
240	120	4,72	0,28	0,13	3,60E-05
420	180	4,75	0,25	0,03	7,60E-06
600	180	4,85	0,15	0,10	4,41E-05
im Mittel					6,20E-05

$$k_f \text{ [m/s]} = \frac{\pi \times r_i^2}{2 \times L \times (t_2 - t_1)} \times \ln \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \times \operatorname{arcsinh} \left(\frac{L}{2 \times r_a} \right)$$

L [m] = Filterstrecke im jeweiligen Auswertungsintervall nach Absenkungshöhe

$h_{1,2}$ [m] = Aufstauhöhen; h_1 : Wasserstand zu Beginn eines Messintervalls (t_1); h_2 : Wasserstand am Ende eines Messintervalls (t_2)

$t_{1,2}$ [s] = vergangene Zeit; Beginn eines Messintervalls bei Zeitpunkt t_1 ; Ende eines Messintervalls bei Zeitpunkt t_2

r_i [m] = Radius der drückenden Wassersäule, hier: $r_i = r_a$

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf-Wert) durch Bohrlochversickerung

	Projekt:	BV B-Plan 6122-1 Grootestr./Lenastr., Bonn	Bearb.:	Sok.
	ProjektNr.:	22/09/7376	Anl.:	6.3
	Versuch - Nr.:	VS 3	Datum :	29.11.2022

Überstand der Verrohrung über GOK	0,00 m
h_0 = Wasserspiegel über GOK bei Versuchsbeginn (t_0)	-3,42 m
a = Tiefe der Verrohrung	2,00 m
A = Länge unverrohrtes Bohrloch	3,00 m
H = Wasserspiegel über Bohrlochsohle bei Versuchsbeginn (t_0)	1,58 m
$2r$ = Bohrlochdurchmesser	0,06 m
r_a = Bohrlochradius	0,03 m

Zeit gesamt t [s]	Messzeitraum Δt [s]	Wasserspiegel [m u. GOK]	Wasserspiegel ü. Bohrlochsohle h_t [m]	Absenkung Δh [m]	Durchlässigkeits- beiwert k_f [m/s]
0	0	3,42	1,58	0,00	/
30	30	3,62	1,38	0,20	1,77E-05
60	30	4,05	0,95	0,43	6,40E-05
120	60	4,23	0,77	0,18	2,09E-05
180	60	4,32	0,68	0,09	1,34E-05
300	120	4,45	0,55	0,13	1,32E-05
420	120	4,5	0,50	0,05	6,33E-06
600	180	4,53	0,47	0,03	2,85E-06
1500	900	4,78	0,22	0,25	1,09E-05
1800	300	4,85	0,15	0,07	1,98E-05
2700	900	4,93	0,07	0,08	1,70E-05

im Mittel **4,09E-05**

$$k_f \text{ [m/s]} = \frac{\pi \times r_i^2}{2 \times L \times (t_2 - t_1)} \times \ln \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \times \operatorname{arcsinh} \left(\frac{L}{2 \times r_a} \right)$$

L [m] = Filterstrecke im jeweiligen Auswertungsintervall nach Absenkungshöhe

$h_1, 2$ [m] = Aufstauhöhen; h_1 : Wasserstand zu Beginn eines Messintervalls (t_1); h_2 : Wasserstand am Ende eines Messintervalls (t_2)

$t_1, 2$ [s] = vergangene Zeit; Beginn eines Messintervalls bei Zeitpunkt t_1 ; Ende eines Messintervalls bei Zeitpunkt t_2

r_i [m] = Radius der drückenden Wassersäule, hier: $r_i = r_a$

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf-Wert) durch Bohrlochversickerung

	Projekt:	BV B-Plan 6122-1 Grootestr./Lenastr., Bonn	Bearb.:	Sok.
	Projektnr.:	22/09/7376	Anl.:	6.4
	Versuch - Nr.:	VS 4	Datum :	29.11.2022

Überstand der Verrohrung über GOK	0,10 m
h_0 = Wasserspiegel über GOK bei Versuchsbeginn (t_0)	-3,35 m
a = Tiefe der Verrohrung	1,90 m
A = Länge unverrohrtes Bohrloch	3,10 m
H = Wasserspiegel über Bohrlochsohle bei Versuchsbeginn (t_0)	1,55 m
$2r$ = Bohrlochdurchmesser	0,06 m
r_a = Bohrlochradius	0,03 m

Zeit gesamt t [s]	Messzeitraum Δt [s]	Wasserspiegel [m u. GOK]	Wasserspiegel ü. Bohrlochsohle h_t [m]	Absenkung Δh [m]	Durchlässigkeits- beiwert k_f [m/s]
0	0	3,35	1,65	0,00	/
30	30	4,09	0,91	0,74	1,05E-04
60	30	4,28	0,72	0,19	4,87E-05
120	60	4,44	0,56	0,16	3,10E-05
180	60	4,6	0,40	0,16	5,14E-05
240	60	4,68	0,32	0,08	3,90E-05
300	60	4,73	0,27	0,05	3,28E-05
360	60	4,78	0,22	0,05	4,41E-05
im Mittel					7,70E-05

$$k_f \text{ [m/s]} = \frac{\pi \times r_i^2}{2 \times L \times (t_2 - t_1)} \times \ln \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \times \operatorname{arcsinh} \left(\frac{L}{2 \times r_a} \right)$$

L [m] = Filterstrecke im jeweiligen Auswertungsintervall nach Absenkungshöhe

$h_{1,2}$ [m] = Aufstauhöhen; h_1 : Wasserstand zu Beginn eines Messintervalls (t_1); h_2 : Wasserstand am Ende eines Messintervalls (t_2)

$t_{1,2}$ [s] = vergangene Zeit; Beginn eines Messintervalls bei Zeitpunkt t_1 ; Ende eines Messintervalls bei Zeitpunkt t_2

r_i [m] = Radius der drückenden Wassersäule, hier: $r_i = r_a$

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf-Wert) durch Bohrlochversickerung

	Projekt:	BV B-Plan 6122-1 Grootestr./Lenastr., Bonn	Bearb.:	Sok.
	Projektnr.:	22/09/7376	Anl.:	6.5
	Versuch - Nr.:	VS 5	Datum :	29.11.2022

Überstand der Verrohrung über GOK	0,15 m
h_0 = Wasserspiegel über GOK bei Versuchsbeginn (t_0)	-4,45 m
a = Tiefe der Verrohrung	1,85 m
A = Länge unverrohrtes Bohrloch	3,15 m
H = Wasserspiegel über Bohrlochsohle bei Versuchsbeginn (t_0)	0,40 m
$2r$ = Bohrl Lochdurchmesser	0,06 m
r_a = Bohrl Lochradius	0,03 m

Zeit gesamt t [s]	Messzeitraum Δt [s]	Wasserspiegel [m u. GOK]	Wasserspiegel ü. Bohrlochsohle h_t [m]	Absenkung Δh [m]	Durchlässigkeits- beiwert k_f [m/s]
0	0	4,45	0,55	0,00	/
30	30	4,7	0,30	0,25	2,20E-04
60	30	4,75	0,25	0,05	7,34E-05
im Mittel					1,47E-04

$$k_f \text{ [m/s]} = \frac{\pi \times r_i^2}{2 \times L \times (t_2 - t_1)} \times \ln \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \times \operatorname{arcsinh} \left(\frac{L}{2 \times r_a} \right)$$

L [m] = Filterstrecke im jeweiligen Auswertungsintervall nach Absenkungshöhe

$h_{1,2}$ [m] = Aufstauhöhen; h_1 : Wasserstand zu Beginn eines Messintervalls (t_1); h_2 : Wasserstand am Ende eines Messintervalls (t_2)

$t_{1,2}$ [s] = vergangene Zeit; Beginn eines Messintervalls bei Zeitpunkt t_1 ; Ende eines Messintervalls bei Zeitpunkt t_2

r_i [m] = Radius der drückenden Wassersäule, hier: $r_i = r_a$

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf-Wert) durch Bohrlochversickerung

	Projekt:	BV B-Plan 6122-1 Grootestr./Lenaustr., Bonn	Bearb.:	Sok.
	Projektnr.:	22/09/7376	Anl.:	6.6
	Versuch - Nr.:	VS 6	Datum :	29.11.2022

Überstand der Verrohrung über GOK	0,20 m
h_0 = Wasserspiegel über GOK bei Versuchsbeginn (t_0)	-3,70 m
a = Tiefe der Verrohrung	1,80 m
A = Länge unverrohrtes Bohrloch	3,20 m
H = Wasserspiegel über Bohrlochsohle bei Versuchsbeginn (t_0)	1,10 m
$2r$ = Bohrlochdurchmesser	0,06 m
r_a = Bohrlochradius	0,03 m

Zeit gesamt t [s]	Messzeitraum Δt [s]	Wasserspiegel [m u. GOK]	Wasserspiegel ü. Bohrlochsohle h_t [m]	Absenkung Δh [m]	Durchlässigkeits- beiwert k_f [m/s]
0	0	3,7	1,30	0,00	/
30	30	3,9	1,10	0,20	2,58E-05
60	30	4,2	0,80	0,30	6,16E-05
120	60	4,32	0,68	0,12	1,76E-05
240	120	4,39	0,61	0,07	6,32E-06
300	60	4,43	0,57	0,04	8,26E-06
420	120	4,48	0,52	0,05	5,94E-06
540	120	4,54	0,46	0,06	8,59E-06
660	120	4,55	0,45	0,01	1,56E-06
900	240	4,59	0,41	0,04	3,50E-06
1800	900	4,67	0,33	0,08	2,49E-06

im Mittel **4,37E-05**

$$k_f \text{ [m/s]} = \frac{\pi \times r_i^2}{2 \times L \times (t_2 - t_1)} \times \ln \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \times \operatorname{arcsinh} \left(\frac{L}{2 \times r_a} \right)$$

L [m] = Filterstrecke im jeweiligen Auswertungsintervall nach Absenkungshöhe

$h_{1,2}$ [m] = Aufstauhöhen; h_1 : Wasserstand zu Beginn eines Messintervalls (t_1); h_2 : Wasserstand am Ende eines Messintervalls (t_2)

$t_{1,2}$ [s] = vergangene Zeit; Beginn eines Messintervalls bei Zeitpunkt t_1 ; Ende eines Messintervalls bei Zeitpunkt t_2

r_i [m] = Radius der drückenden Wassersäule, hier: $r_i = r_a$

Anlage 7

Systemskizze Rigole

Systemskizze Rigole

Projekt: BV B-Plan 6122-1 Grootestr./Lenastr., Bonn

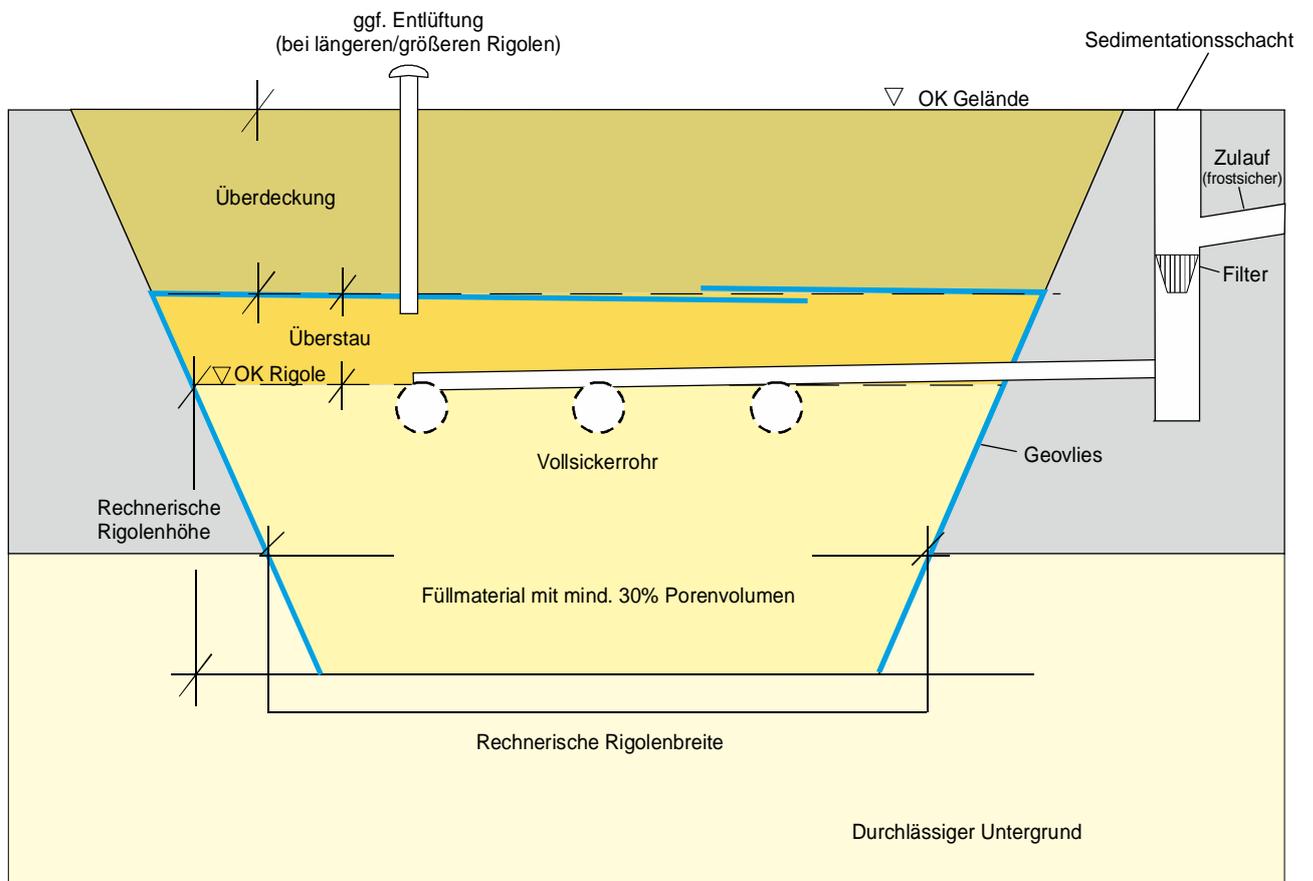
Projekt-Nr: 22/09/7376

Bearbeiter: Jac.

Maßstab: -

Anlage: 7

Datum: 02.01.2023



Anlage 8

Systemskizze Mulden-Rigolen-System

Systemskizze Mulden-Rigolen-Element



Projekt: BV B-Plan 6122-1 Grootestr./Lenastr., Bonn

Projekt-Nr: 22/09/7376

Bearbeiter: Jac.

Maßstab: -

Anlage: 8

Datum: 02.01.2023

